

MgB₂ 超伝導ストリップを用いた生体分子イオン検出器**Biomolecular ion detection using magnesium diboride superconducting strip**産総研¹, NTT 物性研² ○全 伸幸¹, 柴田 浩行², 馬渡 康德¹, 小池 正記¹, 大久保 雅隆¹AIST¹, NTT Basic Research Lab.² ○Nobuyuki Zen¹, Hiroyuki Shibata², Yasunori Mawatari¹,Masaki Koike¹, Masataka Ohkubo¹

E-mail: n.zen@aist.go.jp

背景: ニホウ化マグネシウム (MgB₂; magnesium diboride) は、2001 年に発見された超伝導体である[1]。金属系超伝導体としては群を抜く高い T_c (39 K) を有しているため、小型の冷凍器で冷却が可能であり、検出器への応用上のメリットがある。膜厚 10 nm 程度の MgB₂ を線幅数百 nm のストリップ線状に加工し、波長 1560 nm の単一光子検出が達成されている[2]。また、¹⁰B をエンリッチした MgB₂ を用いた中性子検出器の開発が行われている[3]。我々は、飛行時間型質量分析計 (TOF MS; Time-Of-Flight Mass Spectrometer) の分子イオン検出部に、超伝導ストリップイオン検出器 (SSID; Superconducting Strip Ion Detector) を搭載した次世代分析機器の開発を行っているが[4, 5]、今回、MgB₂ から作製された SSID を用いて、生体分子イオンの検出を試みた。

応答速度が速く、有感面積が大きな SSID を実現するためには、超伝導体の力学インダクタンス (L_k) が小さいことが重要となるが、 L_k は侵入長 (λ) の二乗に比例することから、ロンドン侵入長 (λ_L) の小さな超伝導体を用いることが望ましい。MgB₂ の λ_L は 40 nm であり、NbN の 200 nm に比べて十分小さく、Nb の 39 nm に匹敵するため、高速化および大面積化が潜在的に可能である[2]。さらに、Nb は電子-格子緩和時間 (τ_{e-ph}) が長く (370 ps) 検出器が熱暴走を起こし易いが、MgB₂ の τ_{e-ph} は 2 ps と非常に短いため、広いバイアス電流範囲で熱的に安定な動作が期待できる[2]。

実験: 膜厚 10 nm の MgB₂ を線幅 250 nm のメアングダ状に加工した。検出器面積は $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ (充填率 50%) である。加工後の T_c は 20 K、臨界電流値 (I_c) は 96 μA であった。検出器の冷却にはパルスチューブ式冷凍器を用い、動作温度は 3.3 K であった。生体分子イオンとして 20 keV のアンジオテンシン (分子量 1296) を用いて、単一分子イオンの検出を試みた。

結果: 生体分子イオン 1 個の検出に初めて成功した。応答速度は 300 ps 以下と Nb より高速であり、Nb では熱暴走を起こすバイアス電流範囲 (I_c の 97%: 94 μA) まで安定に動作した。さらに、極低温実装に関しても熱輻射防止フィルタは用いておらず、高い T_c の応用上のメリットを実証できた。今後、安定動作温度範囲を確認する予定である。

[1] J. Nagamatsu, *et al.*, Nature **410**, 63-64 (2001).[2] H. Shibata, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **97**, 212504 (2010).[3] I. Yagi, *et al.*, IEEE Trans. Appl. Supercond. **23**, 2200904 (2013).[4] M. Ohkubo, Physica C **468**, 1987-91 (2008).[5] N. Zen, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **104**, 012601 (2014).